

PAT-NO: JP02003025081A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003025081 A

TITLE: PULSE ARC WELDING METHOD BY IRRADIATION WITH PULSE LASER

PUBN-DATE: January 28, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
DO, KOGUN	N/A
KAMIYAMA, TOMOYUKI	N/A
USHIO, MASAO	N/A
NAKADA, KAZUHIRO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
DAIHEN CORP	N/A

APPL-NO: JP2001211958

APPL-DATE: July 12, 2001

INT-CL (IPC): B23K026/00, B23K009/00 , B23K009/16 , B23K009/167

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the problem that as the peak period T_p or base period T_b of pulse arc welding and a laser output period T_r of pulse lasers do not synchronize at all, the energy absorptivity of the laser to objects to be welded lowers in a pulse arc welding method by irradiation with pulse lasers which performs welding by irradiating the surfaces of the objects to be welded in an arc generating section of consumable electrode pulse arc welding with the pulse lasers.

SOLUTION: This pulse arc welding method by irradiation with the pulse lasers comprises starting the pulse arc welding by synchronizing the laser output period T_r of the pulse lasers from the point of the time the peak period T_p of the pulse arc welding is started or the point of the time the predetermined delay time elapses from the point of the time the period described above is started.

COPYRIGHT: (C)2003, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-25081

(P2003-25081A)

(43) 公開日 平成15年1月28日 (2003.1.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
B 2 3 K 26/00	3 1 0	B 2 3 K 26/00	3 1 0 C 4 E 0 0 1
			N 4 E 0 6 8
9/00	3 3 0	9/00	3 3 0
9/16		9/16	K
9/167		9/167	C
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-211958(P2001-211958)

(22) 出願日 平成13年7月12日 (2001.7.12)

(71) 出願人 000000262

株式会社ダイヘン

大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号

(72) 発明者 全 紅軍

大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号

株式会社ダイヘン内

(72) 発明者 上山 智之

大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号

株式会社ダイヘン内

(72) 発明者 牛尾 誠夫

兵庫県川西市緑台4丁目8番48号地

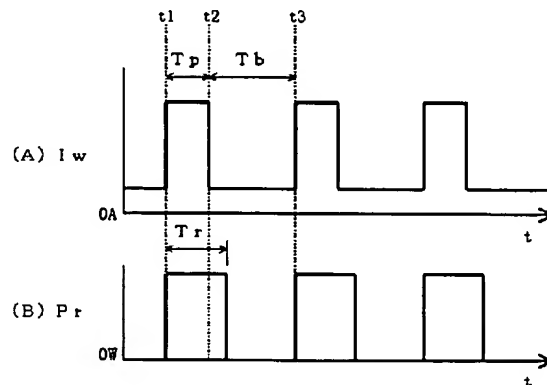
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パルスレーザ照射パルスアーク溶接方法

(57) 【要約】

【課題】 消耗電極パルスアーク溶接のアーク発生部の被溶接物表面にパルスレーザを照射して溶接を行うパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法において、パルスアーク溶接のピーク期間 T_p 又はベース期間 T_b とパルスレーザのレーザ出力期間 T_r とが全く同期していないために、レーザの被溶接物へのエネルギー吸収率が低くなる。

【解決手段】 本発明は、パルスアーク溶接のピーク期間 T_p の開始時点又は開始時点から予め定めた遅延時間経過した時点からパルスレーザのレーザ出力期間 T_r を同期して開始するパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】溶接ワイヤを送給すると共にピーク期間中は溶滴移行させる値のピーク電流を通電し続けてベース期間中は溶滴移行させない値のベース電流を通電するパルスアーク溶接と、予め定めたレーザ出力期間中はレーザを出力し続けてレーザ停止期間中はレーザの出力を停止するパルスレーザとを同時に使用して、前記パルスアーク溶接のアーク発生部又はその周辺部の被溶接物表面に前記パルスレーザを照射して溶接を行うパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法において、

前記パルスアーク溶接の前記ピーク期間の開始時点又は開始時点から予め定めた遅延時間経過した時点から前記パルスレーザの前記レーザ出力期間を同期して開始するパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法。

【請求項2】溶接ワイヤを送給すると共にピーク期間中は溶滴移行させる値のピーク電流を通電し続けてベース期間中は溶滴移行させない値のベース電流を通電するパルスアーク溶接と、予め定めたレーザ出力期間中はレーザを出力し続けてレーザ停止期間中はレーザの出力を停止するパルスレーザとを同時に使用して、前記パルスアーク溶接のアーク発生部又はその周辺部の被溶接物表面に前記パルスレーザを照射して溶接を行うパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法において、

前記パルスアーク溶接の前記ピーク期間の終了時点の直前から前記パルスレーザの前記レーザ出力期間を同期して開始するパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法。

【請求項3】溶接ワイヤを送給すると共にピーク期間中は溶滴移行させる値のピーク電流を通電し続けてベース期間中は溶滴移行させない値のベース電流を通電するパルスアーク溶接と、予め定めたレーザ出力期間中はレーザを出力し続けてレーザ停止期間中はレーザの出力を停止するパルスレーザとを同時に使用して、前記パルスアーク溶接のアーク発生部又はその周辺部の被溶接物表面に前記パルスレーザを照射して溶接を行うパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法において、

前記パルスアーク溶接の前記パルス期間の終了時点又は終了時点から予め定めた遅延時間経過した時点から前記パルスレーザの前記レーザ出力期間を同期して開始するパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法。

【請求項4】溶接ワイヤを送給すると共にピーク期間中は溶滴移行させる値のピーク電流を通電し続けてベース期間中は溶滴移行させない値のベース電流を通電するパルスアーク溶接と、予め定めたレーザ出力期間中はレーザを出力し続けてレーザ停止期間中はレーザの出力を停止するパルスレーザとを同時に使用して、前記パルスアーク溶接のアーク発生部又はその周辺部の被溶接物表面に前記パルスレーザを照射して溶接を行うパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法において、

前記パルスアーク溶接の前記パルス期間の終了時点又は終了時点から予め定めた遅延時間経過した時点から次の

パルス期間の開始時点までの期間中に複数回の前記パルスレーザの前記レーザ出力期間を設けたパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法。

【請求項5】請求項1又は請求項2又は請求項3又は請求項4に記載するパルスレーザが、レーザ出力期間中は予め定めた高出力でレーザを照射し、レーザ停止期間中は予め定めた低出力でレーザを照射するパルスレーザであるパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法。

【請求項6】請求項1又は請求項2又は請求項3又は請求項4又は請求項5に記載するパルスアーク溶接が、溶接ワイヤを送給すると共に電極アース極性のピーク期間中は溶滴移行させる値のピーク電流を通電し続けて電極マイナス極性の電極マイナス期間中は溶滴移行させない値の電極マイナス電流を通電し続けて電極プラス極性のベース期間中は溶滴移行させない値のベース電流を通電する交流パルスアーク溶接であるパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、消耗電極パルスアーク溶接のアーク発生部又はその周辺部の被溶接物表面に、パルスレーザを照射して溶接を行うパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】YAGレーザ、炭酸ガスレーザ、半導体レーザ等による被溶接物へのレーザの照射と消耗電極ガスシールドアーク溶接とを同時に使用する複合型のレーザ照射アーク溶接方法が知られている。この複合溶接方法は、アーク発生部に高密度エネルギーのレーザを照射することによって、3～7[m/min]程度の超高速溶接を行うことができる。一般的に、上記の消耗電極ガスシールドアーク溶接方法として、直流又は交流パルスアーク溶接方法を使用すると、スパッタ発生量が少なくビード外観の美しい良好な溶接品質を得ることができる。さらに、上記のレーザに、パルス状のレーザを出力するパルスレーザを使用すると、熱効率及び溶接品質が向上することが知られている。これは、レーザの平均出力値が同一のときに、パルスレーザの方が連続出力のレーザに比べて、被溶接物へのエネルギー吸収率が高くなるので、熱効率が高くなる。また、連続出力のレーザを照射したときに比べて、パルスレーザを照射したときの方が、ブローホールの減少、溶接割れの改善等の溶接品質が向上することが報告されている。以下、従来技術として、上述したパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法について説明する。

【0003】図1は、従来技術のパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法を実施するための溶接装置の構成図である。以下、同図を参照して説明する。溶接電源装置6は、溶接ワイヤ1と被溶接物2との間にアーク3を発生させるために溶接電圧Vw及び溶接電流Iwを出力する

と共に、送給装置5へ溶接ワイヤ1の送給を制御するための送給制御信号Wsを出力する。送給装置5は、この送給制御信号Wsを入力として、溶接ワイヤ1の送給を行う。溶接ワイヤ1は、溶接トーチ4を通して被溶接物2へと定速で送給される。

【0004】レーザ発振装置9は、YAGレーザ、炭酸ガスレーザ、半導体レーザ等の発振装置であり、レーザトーチ8を介して被溶接物2へレーザ7を、予め定めたレーザ出力値Pr[W]で照射する。レーザ7を照射する被溶接物表面の位置は、アーク発生部又はその周辺部であればよく、溶接方向を基準としてアーク発生部の前方、後方、右横又は左横のいずれの位置でもよい。

【0005】図2は、パルスアーク溶接及びパルスレーザの出力波形図である。同図(A)は溶接電流Iwの時間変化を示し、同図(B)は溶接電圧Vwの時間変化を示し、同図(C)はレーザ出力値Prの時間変化を示す。以下、同図を参照して説明する。

【0006】① 時刻t1～t2の期間(ピーク期間Tp)

予め定めたピーク期間Tp中は、同図(A)に示すように、溶滴移行させるために350～600[A]程度の範囲内で予め定めたピーク電流Ipを通電し、同図(B)に示すように、溶接電圧Vwは、上記の通電に応じたピーク電圧Vpとなる。上記のピーク期間Tpの時間長さは、溶接ワイヤの材質、直径等に応じて、1パルス1溶滴移行になるように0.5～3[ms]程度の範囲内で予め設定される。

【0007】② 時刻t2～t3の期間(ベース期間Tb)

ベース期間Tb中は、同図(A)に示すように、溶滴移行させないために20～80[A]程度の範囲内で予め定めたベース電流Ibを通電し、同図(B)に示すように、溶接電圧Vwは、上記の通電に応じたベース電圧Vbとなる。

【0008】同図(A)に示すように、上記のピーク期間Tp及びベース期間Tbをパルス周期Tfとして繰り返して通電し、溶接を行う。ところで、消耗電極ガスシールドアーク溶接においては、アーク長を適正值に維持することが良好な溶接品質を得るために重要な条件である。一般的に、アーク長は溶接電圧Vwの平均値と比例関係にあるので、同図(B)に示すように、溶接電圧Vwの平均値が予め定めた電圧設定値Vsと等しくなるように、上記のベース期間Tbの時間長さをフィードバック制御することによって、アーク長を適正值に制御している。

【0009】③ レーザ出力期間Tr及びレーザ停止期間Ts

同図(C)に示すように、予め定めたレーザ出力期間Tr中は、予め定めたレーザ出力設定値Psに対応する出力値でレーザを照射し、続けて予め定めたレーザ停止期

間Ts中は、レーザの出力を停止する。この両期間を1周期として、レーザの出力/停止を繰り返す。上記のレーザ出力期間Trと前述したピーク期間Tp及びベース期間Tbとは同期していないために、ピーク期間Tpにレーザ出力期間Trがほぼ重なる場合、ベース期間Tbとレーザ出力期間Trがほぼ重なる場合、ピーク期間Tp及びベース期間Tbの両期間とまたがってレーザ出力期間Trが重なる場合等がランダムに発生する。

【0010】図3は、従来技術のパルスアーク溶接電源装置6のブロック図である。以下、同図を参照して各回路ブロックについて説明する。電圧検出回路VDは、溶接電圧Vwを検出して、電圧検出信号Vdを出力する。電圧平均化回路AVは、この電圧検出信号Vdを平均化して、電圧平均値信号Vavを出力する。電圧設定回路VSは、所望値の電圧設定信号Vsiを出力する。電圧誤差増幅回路EVは、上記の電圧平均値信号Vavと電圧設定信号Vsとの誤差を増幅して、電圧誤差増幅信号Evを出力する。電圧/周波数変換回路VFは、この電圧誤差増幅信号Evに比例した周波数のパルス周期信号Tfを出力する。タイマ回路MMは、このパルス周期信号Tfの立上りをトリガとして、予め定めたピーク期間Tpの間Highレベルとなる切換信号Siを出力する。

【0011】ピーク電流設定回路IPは、予め定めたピーク電流設定信号Ipを出力する。ベース電流設定回路IBは、予め定めたベース電流設定信号Ibを出力する。切換回路SIは、上記の切換信号Siを入力として、この切換信号SiがHighレベルのときにはa側に切り換わり上記のピーク電流設定信号Ipを電流制御設定信号Iscとして出力し、切換信号SiがLowレベルのときにはb側に切り換わり上記のベース電流設定信号Ibを電流制御設定信号Iscとして出力する。電流検出回路IDは、溶接電流Iwを検出して、電流検出信号Idを出力する。電流誤差増幅回路EIは、上記の電流制御設定信号Iscと電流検出信号Idとの誤差を増幅して、電流誤差増幅信号Eiを出力する。

【0012】出力制御回路INVは、この電流誤差増幅信号Eiを制御信号とし、交流商用電源(3相200V等)を入力としてインバータ制御、サイリスタ位相制御等によって出力制御して、上記の電流制御設定信号Iscに相当する溶接電流Iwを通電する。

【0013】図4は、上述した溶接電源装置6の各信号のタイミングチャートである。同図(A)は溶接電流Iwの時間変化を示し、同図(B)は溶接電圧Vwの時間変化を示し、同図(C)はパルス周期信号Tfの時間変化を示し、同図(D)は切換信号Siの時間変化を示し、同図(E)は電流制御設定信号Iscの時間変化を示す。同図(A)及び(B)は、前述した図2と同一である。以下、同図を参照して説明する。

【0014】④ 時刻t1～t2の期間(ピーク期間Tp)

図3の説明の項で前述したように、電圧平均値信号 V_{av} と電圧設定信号 V_s とが略等しくなるように、同図(C)に示すパルス周期信号 T_f の周期(時刻 $t_1 \sim t_3$)が制御される。時刻 t_1 において、同図(C)に示すように、パルス周期信号 T_f が短時間 $High$ レベルになると、同図(D)に示すように、切換信号 S_i は予め定めたピーク期間 T_p の間 $High$ レベルとなる。この切換信号 S_i が $High$ レベルの間は、同図(E)に示すように、電流制御設定信号 I_{sc} はピーク電流設定信号 I_p となるので、同図(A)に示すように、ピーク電流 I_p が通電する。

【0015】② 時刻 $t_2 \sim t_3$ (ベース期間 T_b)
時刻 t_2 において、同図(D)に示すように、切換信号 S_i が Low レベルに変化すると、同図(E)に示すように、電流制御設定信号 I_{sc} はベース電流設定信号 I_b となるので、同図(A)に示すように、ベース電流 I_b が通電する。上述したように、パルス周期信号 T_f の周期が変化し、これに応じて上記①項及び②項の動作を繰り返す。

【0016】図5は、従来技術のレーザ発振装置6のブロック図である。以下、同図を参照して説明する。レーザ出力期間設定回路 TR は、予め定めたレーザ出力期間設定信号 T_r を出力する。レーザ停止期間設定回路 TS は、予め定めたレーザ停止期間設定信号 T_s を出力する。タイマ回路 TM は、上記のレーザ出力期間設定信号 T_r によって定まる時間長さの間は $High$ レベルとなり、続けて上記のレーザ停止期間設定信号 T_s によって定まる時間長さの間は Low レベルとなり、この動作を繰り返すタイマ信号 T_m を出力する。

【0017】レーザ出力設定回路 PS は、所望値のレーザ出力設定信号 P_s を出力する。レーザ出力制御回路 LOC は、上記のタイマ信号 T_m 及びレーザ出力設定信号 P_s を入力として、レーザ出力期間 T_r 中はレーザ出力設定信号 P_s に相当するレーザ出力値 P_r で照射し、続けてレーザ停止期間 T_s 中は照射を停止する。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】前述したように、従来技術では、パルスレーザのレーザ出力期間 T_r とパルスアーク溶接のピーク期間 T_p 又はベース期間 T_b とは同期していないために、以下のような3つの解決すべき課題がある。

【0019】① 第1の課題(レーザのエネルギー吸収率が低い)

図6は、レーザを溶融池へ照射したときの状態を示す模式図である。同図(A)はパルスアーク溶接のピーク期間 T_p 中にレーザが照射されたときの状態を示し、同図(B)はパルスアーク溶接のベース期間 T_b 中にレーザが照射されたときの状態を示す。同図において、アークは図示を省略している。以下、同図を参照して説明する。

【0020】同図(A)に示すように、パルスアーク溶接のピーク期間 T_p 中の溶融池は、大電流値のピーク電流 I_p の通電による強いアーク力を受けて、溶融池表面が大きく窪んだ状態になる。この状態で、レーザ7が溶融池へ照射されると、レーザ7は大きく窪んだ溶融池表面内で多重反射するので、被溶接物2へのエネルギー吸収率が高くなる。他方、同図(B)に示すように、ベース期間 T_b 中の溶融池は、小電流値のベース電流 I_b によるアーク力が弱くなるために、溶融池表面の窪みは少なくなる。この状態で、レーザ7が溶融池へ照射されると、溶融池の窪みが少ないために、上述したようなレーザ7の多重反射は起きず、被溶接物2へのエネルギー吸収率は低くなる。

【0021】前述したように、従来技術では、レーザ出力期間 T_r とパルスアーク溶接のピーク期間 T_p 又はベース期間 T_b とは全く同期していないために、上述した同図(A)の状態と同図(B)の状態とがランダムに発生する。この結果、同図(A)に示すエネルギー吸収率の高い状態と同図(B)に示すエネルギー吸収率の低い状態とがランダムに発生することになり、溶接の全期間にわたるエネルギー吸収率の平均値は、同図(A)の吸収率よりも低くなる。したがって、前述したように、パルスレーザを使用して連続出力のレーザよりもエネルギー吸収率を高くしようとしても、上述した理由によってその効果は小さくなるために、パルスレーザのメリットを十分に発揮させることができない。

【0022】② 第2の課題(溶滴移行に伴うスパッタが多く発生する)

図7は、パルスアーク溶接における溶滴移行時のアーク発生部の模式図である。同図は、溶接トーチの角度が前進角の場合であり、かつ、レーザ停止期間 T_s 中に溶滴移行が発生する場合である。以下、同図を参照して説明する。

【0023】マグネシウム合金等のように沸点の低い合金の溶接においては、温度が最も高い溶融池中心部から盛んに金属蒸気32が放出されるので、陰極点31は金属蒸気32が放出されている位置に形成される。このために、同図に示すように、アーク3は、溶接ワイヤ1の送給方向に対して非対称の形状となる。一方、溶滴11は溶接ワイヤ1の送給方向に離脱するために、溶滴11の離脱方向に対して上述したようにアーク3は非対称の形状となる。このために、アーク3を通電する電流によって形成される磁界によって、溶滴11は同図に示す力 F を受け、溶滴11の一部がスパッタ12として飛散する。

【0024】上述したように、溶滴移行時にアーク3が非対称形状であるときに、溶接ワイヤ1の送給方向の被溶接物2上の位置(以下、溶接狙い位置21という)にレーザが照射されると、照射部に金属蒸気32が発生してその位置に新たな陰極点31が形成されるので、アーク

ク3の形状を対称形状に修正することができる。アーク3が対称形状に修正されると、溶滴11は上述したような力Fを受けないのでスパッタ12の飛散も生じない。しかしながら、従来技術では、レーザの出力期間 T_r と、溶滴移行が発生するピーク期間 T_p の終了時点の前後とは全く同期していないために、溶滴移行時にレーザが照射されているときもあるが、照射されていないときもある。このために、溶滴移行時にレーザが照射されていないときには、上述したようにスパッタ12が多く発生する。

【0025】アークの形状が非対称になることは、上述したケース以外にも種々の場合に発生する可能性がある。例えば、チタン合金の溶接では、被溶接物表面の酸化皮膜が薄いために、溶接狙い位置21の周辺部の酸化皮膜は直ぐにクリーニングされて除去される。陰極点31は、酸化皮膜のある部分に形成されやすいので、溶接狙い位置21の周辺部の酸化皮膜が除去されると、陰極点31は遠く離れた酸化皮膜のある位置に形成される。このようにして陰極点31が溶接狙い位置21から遠く離れた位置に形成されると、アーク3の形状は非対称になりやすくなる。この状態で、溶滴移行が生じると、多くのスパッタ12が発生する。

【0026】③ 第3の課題（ベース期間 T_b 中のアーク状態が不安定になる）

図8は、超高速溶接時のアーク発生部の模式図である。超高速溶接時において、ピーク期間 T_p 中はピーク電流 I_p の値が大きいのでアーク3の指向性は強いために、アーク3は送給方向に発生する。他方、ベース期間 T_b 中はベース電流 I_b の値が小さいのでアーク3の指向性は弱いために、溶接速度に追従することができずアーク3は送給方向に発生しないで溶接狙い位置21の後方に発生する。したがって、同図に示すように、ベース期間 T_b 中のアーク3の陰極点31は溶接狙い位置21の後方位置に形成されるために、アーク長が適正值よりも非常に長くなりアーク状態が不安定になりやすく、最悪の場合にはアーク切れが発生する。

【0027】上述したような状態において、溶接狙い位置21の周辺部にレーザが照射されると、その位置に陰極点31が新たに形成されるので、アーク長は適正值へと短くなり、その結果、アーク状態も良好になる。しかしながら、従来技術では、レーザの出力期間 T_r とベース期間 T_b とは全く同期していないために、ベース期間 T_b 中にレーザが照射されるときもあり、照射されないときもある。このために、ベース期間 T_b 中にレーザが照射されないときには、上述したように、アーク状態が不安定になる。

【0028】そこで、本発明では、上述した①～③項の3つの課題を解決することができるパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法を提供する。

【0029】

【課題を解決するための手段】出願時の請求項1の発明は、図9～14に示すように、溶接ワイヤを送給すると共にピーク期間 T_p 中は溶滴移行させる値のピーク電流 I_p を通電し続けてベース期間 T_b 中は溶滴移行させない値のベース電流 I_b を通電するパルスアーク溶接と、予め定めたレーザ出力期間 T_r 中はレーザを出力し続けてレーザ停止期間 T_s 中はレーザの出力を停止するパルスレーザとを同時に使用して、上記パルスアーク溶接のアーク発生部又はその周辺部の被溶接物表面上に上記パルスレーザを照射して溶接を行うパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法において、上記パルスアーク溶接の上記ピーク期間 T_p の開始時点又は開始時点から予め定めた遅延時間 T_{dp} 経過した時点から上記パルスレーザの上記レーザ出力期間 T_r を同期して開始するパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法である。

【0030】出願時の請求項2の発明は、図15に示すように、上記のパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法において、上記パルスアーク溶接の上記ピーク期間 T_p の終了時点の直前から上記パルスレーザの上記レーザ出力期間 T_r を同期して開始するパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法である。

【0031】出願時の請求項3の発明は、図16～17に示すように、上記のパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法において、上記パルスアーク溶接の上記パルス期間 T_p の終了時点又は終了時点から予め定めた遅延時間 T_{db} 経過した時点から上記パルスレーザの上記レーザ出力期間 T_r を同期して開始するパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法である。

【0032】出願時の請求項4の発明は、図18～19に示すように、上記のパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法において、上記パルスアーク溶接の上記パルス期間 T_p の終了時点又は終了時点から予め定めた遅延時間 T_{db} 経過した時点から次のパルス期間 T_p の開始時点までの期間中に複数回の上記パルスレーザの上記レーザ出力期間 T_r を設けたパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法である。

【0033】出願時の請求項5の発明は、図20に示すように、出願時の請求項1又は請求項2又は請求項3又は請求項4に記載するパルスレーザが、レーザ出力期間 T_r 中は予め定めた高出力 P_{rh} でレーザを照射し、レーザ停止期間 T_s 中は予め定めた低出力 P_{rl} でレーザを照射するパルスレーザであるパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法である。

【0034】出願時の請求項6の発明は、図21に示すように、出願時の請求項1又は請求項2又は請求項3又は請求項4又は請求項5に記載するパルスアーク溶接が、溶接ワイヤを送給すると共に電極プラス極性のピーク期間 T_p 中は溶滴移行させる値のピーク電流 I_p を通電し続けて電極マイナス極性の電極マイナス期間 T_{en} 中は溶滴移行させない値の電極マイナス電流 I_{en} を通電し

続けて電極アラス極性のベース期間 T_b 中は溶滴移行させない値のベース電流 I_b を通電する交流パルスアーク溶接であるパルスレーザ照射パルスアーク溶接方法である。

【0035】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態として、実施例1〜7を例示する。

【実施例1】以下に説明する実施例1の発明は、出願時の請求項1の発明に対応する。実施例1の発明は、前述した第1の課題を解決するために、パルスアーク溶接のピーク期間 T_p の開始時点と同期して、パルスレーザのレーザ出力期間 T_r を開始する。以下、図面を参照して、実施例1の発明について説明する。

【0036】図9は、実施例1の発明の出力波形図であり、同図(A)はパルスアーク溶接の溶接電流 I_w の時間変化を示し、同図(B)はパルスレーザのレーザ出力値 P_r の時間変化を示す。以下、同図を参照して説明する。時刻 t_1 において、同図(A)に示すように、ピーク期間 T_p が開始すると、そのタイミングに同期して、同図(B)に示すように、レーザ出力期間 T_r が開始する。上記のレーザ出力期間 T_r の時間長さは予め設定される。同図(B)は $T_r > T_p$ の場合を例示しているが、 $T_r = T_p$ の場合又は $T_r < T_p$ の場合もある。

【0037】図10は、実施例1の発明を実施するための溶接装置の構成図である。同図は、前述した図1の従来装置とは、点線で示す図11で後述する同期回路SC及び図12で後述する出力同期レーザ発振装置91が異なり、それ以外は同一であるのでそれらの説明は省略する。

【0038】図11は、同期回路SCのブロック図及びタイミングチャートである。同図(A)は同期回路SCの回路ブロックを示し、同図(B)は入力信号である切換信号 S_i の時間変化を示し、同図(C)は出力信号である同期信号 S_c の時間変化を示す。同図(A)に示すように、トリガ回路TCは、溶接電源装置6からの切換信号 S_i を入力信号として、同図(B)及び(C)に示すように、切換信号 S_i の立上り時に短時間 H_{igh} レベルとなる同期信号 S_c を出力する。ここでは、同期回路SCが独立した装置の場合を例示したが、同期回路SCは溶接電源装置6又は出力同期レーザ発振装置91に内蔵される場合もある。

【0039】図12は、実施例1の出力同期レーザ発振装置91のブロック図である。同図において、点線で示す同期タイマ回路MTM以外は、前述した図5と同一であるのでそれらの説明は省略する。同期タイマ回路MTMは、同期信号 S_c の立上りからレーザ出力期間設定信号 T_r によって定まる時間長さの間 H_{igh} レベルとなるタイマ信号 T_m を出力する。このタイマ信号 T_m が H_{igh} レベルの間は、レーザが照射される。

【0040】上述したように、実施例1の発明では、パ

ルスアーク溶接のピーク期間 T_p の開始時点とレーザ出力期間 T_r の開始時点とが同期するので、両期間が略重なることになる。このために、図6(A)で前述したように、溶融池が大きく窪んだ状態のときにレーザが照射されるので、レーザの被溶接物へのエネルギー吸収率が高くなり熱効率が大きく向上する。

【0041】【実施例2】以下に説明する実施例2の発明は、出願時の請求項1の発明に対応する。実施例2の発明は、前述した第1の課題を解決するために、パルスアーク溶接のピーク期間 T_p の開始時点から予め定めた遅延時間 T_{dp} 経過した時点に同期してパルスレーザのレーザ出力期間 T_r を開始する。以下、図面を参照して、実施例2の発明について説明する。

【0042】図13は、実施例2の発明の出力波形図であり、同図(A)はパルスアーク溶接の溶接電流 I_w の時間変化を示し、同図(B)はパルスレーザのレーザ出力値 P_r の時間変化を示す。以下、同図を参照して説明する。同図(A)に示すように、時刻 t_1 のピーク期間 T_p の開始時点から予め定めた遅延時間 T_{dp} 経過後の時刻 t_{11} において、同図(B)に示すように、レーザ出力期間 T_r が開始する。

【0043】実施例2の発明を実施するための溶接装置の構成は、同期回路SCの内部回路が異なるだけで構成は前述した図10と同一である。図14は、実施例2の同期回路SCのブロック図及びタイミングチャートである。同図(A)は同期回路SCの回路ブロックを示し、同図(B)は入力信号である切換信号 S_i の時間変化を示し、同図(C)はトリガ信号 T_c の時間変化を示し、同図(D)は出力信号である同期信号 S_c の時間変化を示す。同図(A)に示すように、トリガ回路TCは、溶接電源装置6からの切換信号 S_i を入力信号として、同図(B)及び(C)に示すように、切換信号 S_i の立上り時に短時間 H_{igh} レベルとなるトリガ信号 T_c を出力する。遅延回路ODは、同図(D)に示すように、上記のトリガ信号 T_c を予め定めた遅延時間 T_{dp} だけオンディレイさせた同期信号 S_c を出力する。この同期信号 S_c の立上り時点からレーザ出力期間 T_r の間は、レーザが照射される。

【0044】上述したように、実施例2の発明では、パルスアーク溶接のピーク期間 T_p の開始時点から予め定めた遅延時間 T_{dp} 経過した時点からレーザ出力期間 T_r が開始するので、両期間が略重なることになる。このために、図6(A)で前述したように、溶融池が大きく窪んだ状態のときに、レーザが照射されるので、レーザの被溶接物へのエネルギー吸収率が高くなり熱効率が向上する。遅延時間 T_{dp} を設ける理由は、大電流値のピーク電流 I_p の通電開始から溶融池が大きく窪んだ状態になるまでに時間遅れがあるためである。

【0045】【実施例3】以下に説明する実施例3の発明は、出願時の請求項2の発明に対応する。実施例3の

発明は、前述した第2の課題を解決するために、パルスアーク溶接のピーク期間 T_p の終了時点の直前からパルスレーザのレーザ出力期間 T_r を開始する。以下、図面を参照して、実施例3の発明について説明する。

【0046】図15は、実施例3の発明の出力波形図であり、同図(A)はパルスアーク溶接の溶接電流 I_w の時間変化を示し、同図(B)はパルスレーザのレーザ出力値 P_r の時間変化を示す。同図(A)に示すように、時刻 t_1 のピーク期間 T_p の開始時点から予め定めた遅延時間 T_{dd} が経過した、ピーク期間 T_p の終了時点(時刻 t_2)の直前の時刻 t_{12} において、同図(B)に示すように、レーザ出力期間 T_r が開始する。上述した実施例3の発明を実施するための溶接装置は、前述した実施例2の溶接装置において遅延時間 T_{dp} を遅延時間 T_{dd} に設定する以外は同一である。

【0047】第2の課題を示す前述した図7において、実施例3の発明では、パルスアーク溶接のピーク期間 T_p の終了時点の直前から、溶接狙い位置周辺部にレーザを照射することによって、陰極点が溶接狙い位置周辺部に形成されてアーク形状が対称形状となるので、ピーク期間 T_p の終了時点前後に生じる溶滴移行に伴うスパッタの発生(第2の課題)を抑制することができる。

【0048】[実施例4]以下に説明する実施例4の発明は、出願時の請求項3の発明に対応する。実施例4の発明は、パルスアーク溶接のパルス期間 T_p の終了時点又は終了時点から予め定めた遅延時間 T_{db} 経過した時点からパルスレーザのレーザ出力期間 T_r を開始する。以下、図面を参照して、実施例4の発明について説明する。

【0049】図16は、実施例4の発明の出力波形図であり、同図(A)はパルスアーク溶接の溶接電流 I_w の時間変化を示し、同図(B)はパルスレーザのレーザ出力値 P_r の時間変化を示す。同図(A)に示すように、時刻 t_2 のピーク期間 T_p の終了時点において、同図(B)に示すように、レーザ出力期間 T_r を開始する。図17は、実施例4の発明のもう一つの出力波形図であり、同図(A)はパルスアーク溶接の溶接電流 I_w の時間変化を示し、同図(B)はパルスレーザのレーザ出力値 P_r の時間変化を示す。同図(A)に示すように、時刻 t_2 のピーク期間 T_p の終了時点から予め定めた遅延時間 T_{db} 経過後の時刻 t_{21} において、同図(B)に示すように、レーザ出力期間 T_r が開始する。

【0050】第3の課題を示す前述した図8において、実施例4の発明では、パルスアーク溶接のピーク期間 T_p の終了時点又は終了時点から遅延時間 T_{db} 経過した時点から、すなわちベース期間 T_b 中に溶接狙い位置周辺部にレーザを照射する。このために、ベース期間 T_b 中の陰極点が溶接狙い位置周辺部に形成されてアーク長が適正値になるので、ベース期間 T_b 中のアーク状態が不安定になる(第3の課題)のを抑制することができる。

【0051】[実施例5]以下に説明する実施例5の発明は、出願時の請求項4の発明に対応する。実施例5の発明は、パルスアーク溶接のパルス期間 T_p の終了時点又は終了時点から予め定めた遅延時間 T_{db} 経過した時点から次のパルス期間 T_p の開始時点までの期間中に、複数回のパルスレーザのレーザ出力期間 T_r を設けた発明である。以下、図面を参照して、実施例5の発明について説明する。

【0052】図18は、実施例5の発明の出力波形図であり、同図(A)はパルスアーク溶接の溶接電流 I_w の時間変化を示し、同図(B)はパルスレーザのレーザ出力値 P_r の時間変化を示す。同図(A)に示すように、時刻 t_2 のピーク期間 T_p の終了時点から時刻 t_3 の次のピーク期間 T_p の開始時点までの期間中に、同図

(B)に示すように、複数回のレーザ出力期間 T_r を設けている。図19は、実施例5の発明のもう一つの出力波形図であり、同図(A)はパルスアーク溶接の溶接電流 I_w の時間変化を示し、同図(B)はパルスレーザのレーザ出力値 P_r の時間変化を示す。同図(A)に示すように、時刻 t_2 のピーク期間 T_p の終了時点から予め定めた遅延時間 T_{db} 経過後の時刻 t_{21} から時刻 t_3 の次のピーク期間 T_p の開始時点までの期間中に、同図(B)に示すように、複数回のレーザ出力期間 T_r を設けている。

【0053】上述した実施例5の発明は、前述した実施例4の発明の効果に加えて以下の効果を有する。すなわち、ピーク期間 T_p の時間長さに比べてベース期間 T_b の時間長さは数倍～十数倍長くなる場合があるので、その場合においてベース期間 T_b 中にレーザを断続して照射することによって、被溶接物への入熱を精密に制御することができ、溶接品質がさらに向上する。

【0054】[実施例6]以下に説明する実施例6の発明は、出願時の請求項5の発明に対応する。実施例6の発明は、前述した実施例1～5の発明に記載するパルスレーザが、レーザ出力期間 T_r 中は予め定めた高出力 P_{rh} でレーザを照射し、レーザ停止期間 T_s 中は予め定めた低出力 P_{rl} でレーザを照射する発明である。以下、図面を参照して、実施例6の発明について説明する。

【0055】図20は、図9で前述した実施例1に基づく実施例6の発明の出力波形図であり、同図(A)はパルスアーク溶接の溶接電流 I_w の時間変化を示し、同図(B)はパルスレーザのレーザ出力値 P_r の時間変化を示す。同図(A)に示すように、時刻 t_1 のピーク期間 T_p の開始時点から、同図(B)に示すように、予め定めたレーザ出力期間 T_r 中は予め定めた高出力 P_{rh} でレーザを照射し、続けて、レーザ停止期間 T_s 中は低出力 P_{rl} でレーザを照射する。

【0056】図13で前述した実施例2、図15で前述した実施例3、図16～17で前述した実施例4及び図18～19で前述した実施例5に基づく実施例6の発明

についても、上記と同様であるので、説明は省略する。上述した実施例6の発明は、それぞれの基礎となる前述した実施例1～5の発明の効果に加えて以下の効果を有する。すなわち、レーザ出力期間 T_r 中の高出力値 P_{rh} とレーザ停止期間 T_s 中の低出力値 P_{rl} とを、被溶接物の板厚、形状等に応じて適正值に設定することによって、入熱を精密に制御することができ、溶接品質がさらに向上する。

【0057】[実施例7]以下に説明する実施例7の発明は、出願時の請求項6の発明に対応する。実施例7の発明は、前述した実施例1～6の発明に記載するパルス

10 アーク溶接が交流パルスアーク溶接である発明である。以下、図面を参照して、実施例7の発明について説明する。

【0058】図21は、図9で前述した実施例1に基づく実施例7の発明の出力波形図であり、同図(A)はパルスアーク溶接の溶接電流 I_w の時間変化を示し、同図(B)はパルスレーザのレーザ出力値 P_r の時間変化を示す。同図(A)に示すように、時刻 $t_1 \sim t_2$ 期間中の電極プラス極性のピーク期間 T_p 中は溶滴移行させる

20 値のピーク電流 I_p を通電し、続けて時刻 $t_2 \sim t_2$ 期間中の電極マイナス極性の電極マイナス期間 T_{en} 中は溶滴移行させない値の電極マイナス電流 I_{en} を通電し、続けて時刻 $t_2 \sim t_3$ 期間中は電極プラス極性のベース期間 T_b 中は溶滴移行させない値のベース電流 I_b を通電する。同図(B)に示すように、時刻 t_1 のピーク期間 T_p の開始時点から予め定めたレーザ出力期間 T_r 中はレーザを照射する。

【0059】図13で前述した実施例2、図15で前述した実施例3、図16～17で前述した実施例4、図18～19で前述した実施例5及び図20で前述した実施例6に基づく実施例7の発明についても、上記と同様であるので、説明は省略する。上述した実施例7の発明は、アルミニウム及びアルミニウム合金の薄板溶接において、それぞれの基礎となる前述した実施例1～6の発明の効果

【0060】[効果]

① 第1の課題に対する効果

図22は、実施例1～2の発明の効果を示すエネルギー吸収率の比較図である。同図は、従来技術と実施例1～2の本発明とのレーザのエネルギー吸収率を比較した図であり、その試験条件は以下のとおりである。すなわち、被溶接物にアルミニウム合金を使用し、パルスレーザのレーザ出力値 $P_r = 5$ [kW]、レーザ出力期間 $T_r = 2$ [ms]であり、パルスアーク溶接の溶接電流の平均値 200 [A]、ピーク期間 $T_p = 2$ [ms]の場合である。同図から明らかなように、従来技術のエネルギー吸収率は 18 [%]程度であるのに対して、本発明のエネルギー吸収率は 21 [%]程度へと高くなっている。

【0061】② 第2の課題に対する効果

図23は、実施例3の発明の効果を示すスパッタ発生量の比較図である。同図は、従来技術と実施例3の本発明とのスパッタ発生量を比較した図であり、その試験条件は以下のとおりである。すなわち、被溶接物にマグネシウム合金を使用し、パルスレーザのレーザ出力値 $P_r = 3$ [kW]、レーザ出力期間 $T_r = 3$ [ms]であり、パルスアーク溶接の溶接電流の平均値 150 [A]、ピーク期間 $T_p = 2$ [ms]の場合である。同図から明らかなように、従来技術のスパッタ発生量は約 3 [g/min]であるのに対して、本発明のスパッタ発生量は約 0.2 [g/min]へと大幅に減少している。

【0062】

【発明の効果】実施例1～2の発明は、パルスアーク溶接のピーク期間 T_p と略同期してレーザを照射するので、レーザの被溶接物へのエネルギー吸収率が高くなり、熱効率の良い溶接を行うことができる。実施例3の発明は、パルスアーク溶接のピーク期間 T_p の終了時点前後にレーザを溶接狙い位置周辺部に照射することによって、溶滴移行時のアーク形状が対称形状になるので、溶滴移行に伴うスパッタ発生量を大幅に少なくすることができる。実施例4の発明は、パルスアーク溶接のベース期間 T_b に略同期してレーザを照射することによって、ベース期間 T_b 中のアーク状態が不安定になるのを抑制することができるので、良好な溶接品質を得ることができる。

【0063】実施例5の発明は、パルスアーク溶接のベース期間 T_b 中にレーザを断続して照射することによって、上記の実施例3の効果に加えて、被溶接物への入熱を精密に制御することができるので、さらに良好な溶接品質を得ることができる。実施例6の発明では、上記の実施例1～5の発明において、高出力でのレーザの照射と低出力でのレーザの照射とを交互に繰り返すことによって、実施例1～5の発明の効果に加えて、被溶接物への入熱を精密に制御することができるので、さらに良好な溶接品質を得ることができる。実施例7の発明では、上記の実施例1～6の発明において、パルスアーク溶接方法に交流パルスアーク溶接方法を使用することによって、アルミニウム合金等の薄板溶接において実施例1～6の発明の効果を発揮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来装置の構成図

【図2】従来技術のパルスアーク溶接及びパルスレーザの出力波形図

【図3】従来技術のパルスアーク溶接電源装置のブロック図

【図4】従来技術の溶接電源装置のタイミングチャート

【図5】従来技術のレーザ発振装置のブロック図

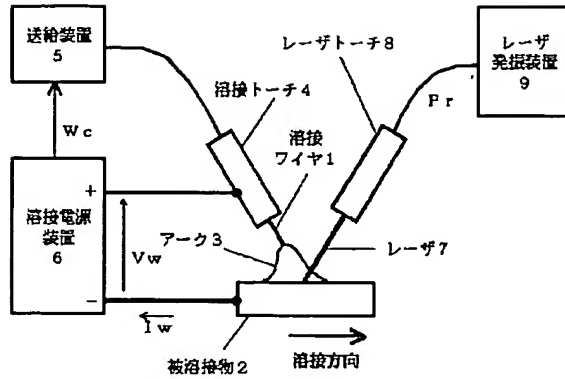
【図6】レーザを溶融池へ照射したときの状態図

【図7】パルスアーク溶接における溶滴移行時のアーク発生部模式図

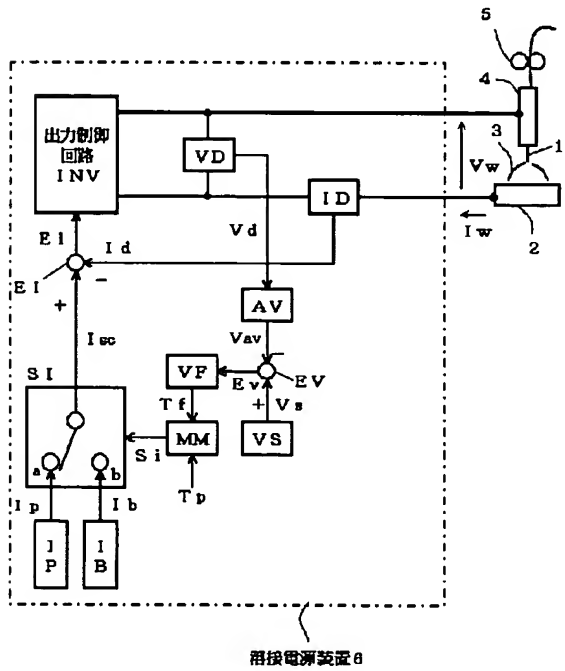
【図8】超高速溶接時のアーク発生部の模式図
 【図9】実施例1の発明の出力波形図
 【図10】実施例1の溶接装置の構成図
 【図11】実施例1の同期回路のブロック図及びタイミングチャート
 【図12】実施例1の出力同期レーザ発振装置のブロック図
 【図13】実施例2の発明の出力波形図
 【図14】実施例2の同期回路のブロック図及びタイミングチャート
 【図15】実施例3の発明の出力波形図
 【図16】実施例4の発明の出力波形図
 【図17】実施例4の発明のもう一つの出力波形図
 【図18】実施例5の発明の出力波形図
 【図19】実施例5の発明のもう一つの出力波形図
 【図20】実施例6の発明の出力波形図
 【図21】実施例7の発明の出力波形図
 【図22】本発明の効果を示すエネルギー吸収率比較図
 【図23】本発明の効果を示すスパッタ発生量比較図
 【符号の説明】
 1 溶接ワイヤ
 11 溶滴
 12 スパッタ
 2 被溶接物
 21 溶接狙い位置
 3 アーク
 31 陰極点
 32 金属蒸気
 4 溶接トーチ
 5 送給装置
 6 溶接電源装置
 7 レーザ
 8 レーザトーチ
 9 レーザ発振装置
 91 出力同期レーザ発振装置
 AV 電圧平均化回路
 EI 電流誤差増幅回路
 Ei 電流誤差増幅信号
 EV 電圧誤差増幅回路
 Ev 電圧誤差増幅信号
 IB ベース電流設定回路
 Ib ベース電流（設定信号）
 ID 電流検出回路

Id 電流検出信号
 Ien 電極マイナス電流
 INV 出力制御回路
 IP ピーク電流設定回路
 Ip ピーク電流（設定信号）
 Isc 電流制御設定信号
 Iw 溶接電流
 LOP レーザ出力制御回路
 MM タイマ回路
 10 MTM 同期タイマ回路
 Pr レーザ出力値
 Peh レーザ高出力
 Pel レーザ低出力
 PS レーザ出力設定回路
 Ps レーザ出力設定（値／信号）
 SC 同期回路
 Sc 同期信号
 SI 切換回路
 Si 切換信号
 20 Tb ベース期間
 TC トリガ回路
 Tc トリガ信号
 Tdb 遅延時間
 Tdd 遅延時間
 Tdp 遅延時間
 Ten 電極マイナス期間
 Tf パルス周期（信号）
 TM タイマ回路
 Tm タイマ信号
 30 Tp ピーク期間
 TR レーザ出力期間設定回路
 Tr レーザ出力期間（設定信号）
 TS レーザ停止期間設定回路
 Ts レーザ停止期間（設定信号）
 Vav 電圧平均値信号
 Vb ベース電圧
 VD 電圧検出回路
 Vd 電圧検出信号
 VF 電圧／周波数変換回路
 40 Vp ピーク電圧
 VS 電圧設定回路
 Vs 電圧設定（値／信号）
 Vw 溶接電圧

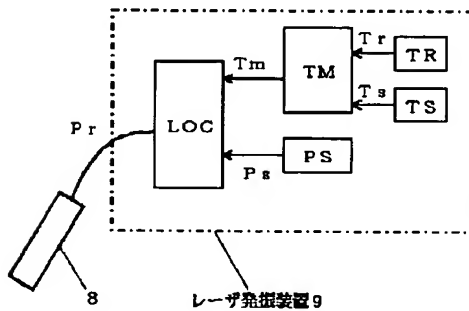
【図1】



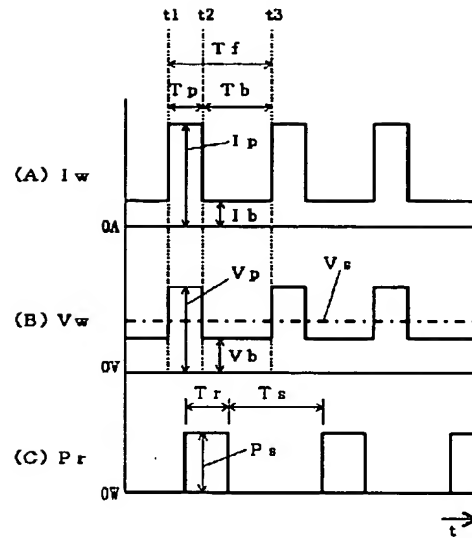
【図3】



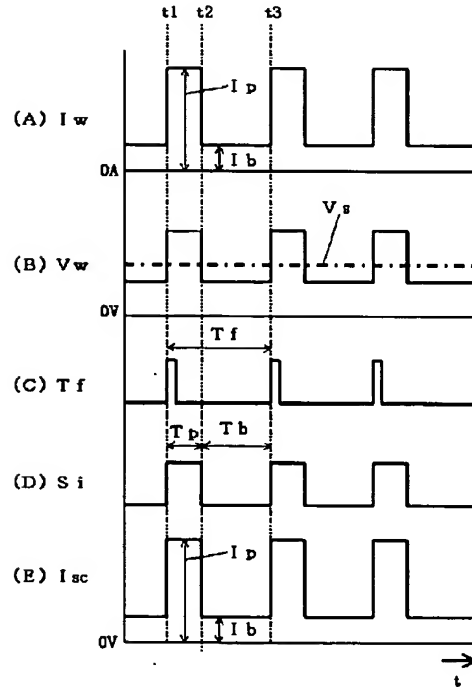
【図5】



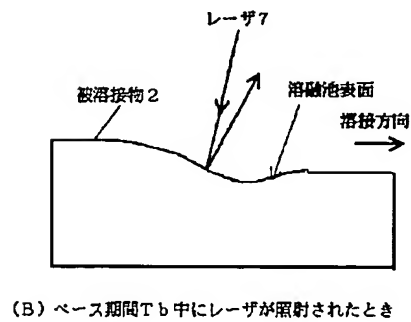
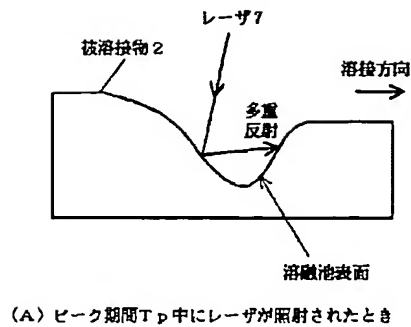
【図2】



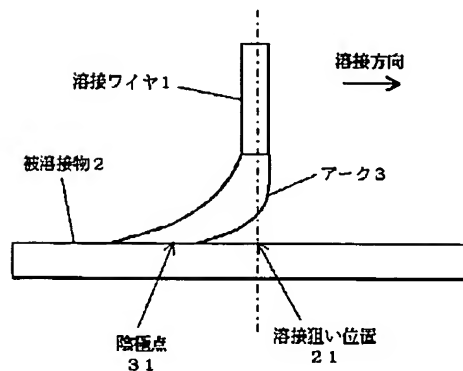
【図4】



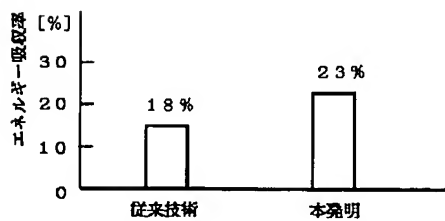
【図6】



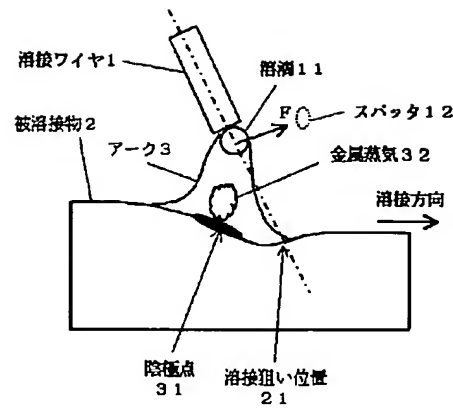
【図8】



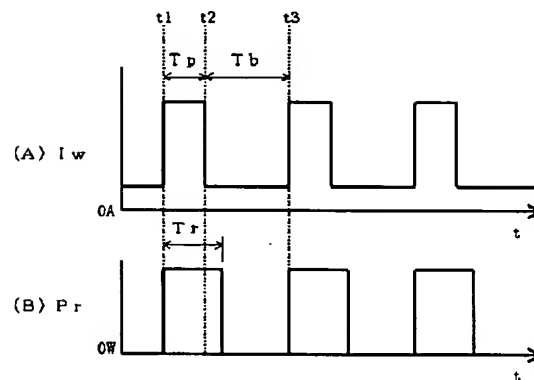
【図22】



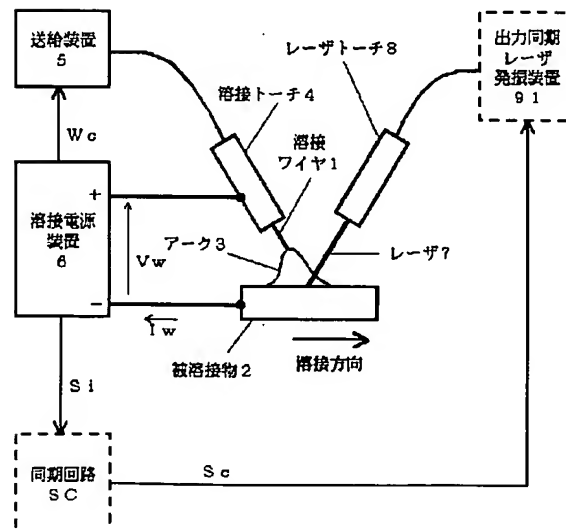
【図7】



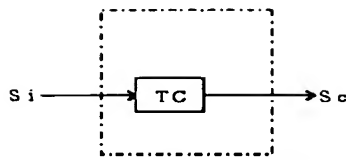
【図9】



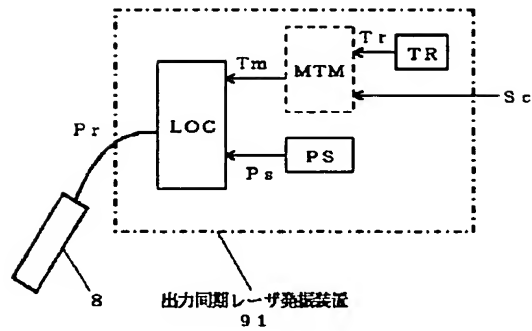
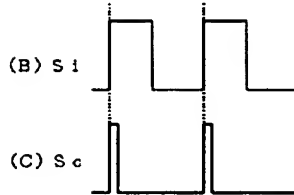
【図10】



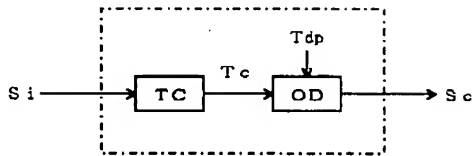
【図12】



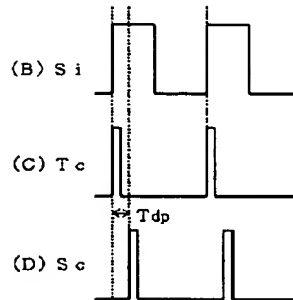
(A) 同期回路SCのブロック図



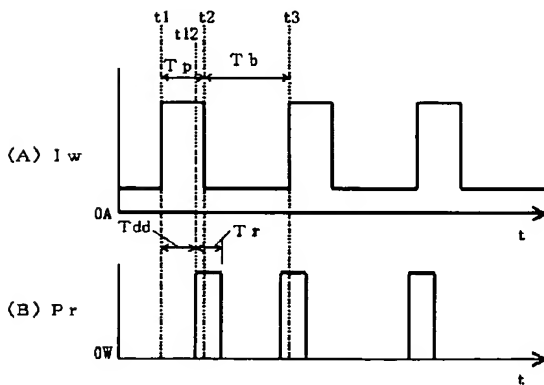
【図14】



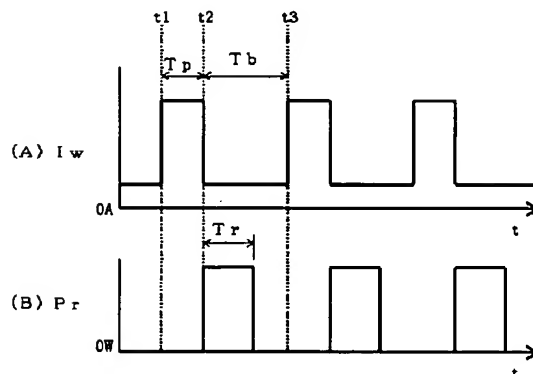
(A) 同期回路SCのブロック図



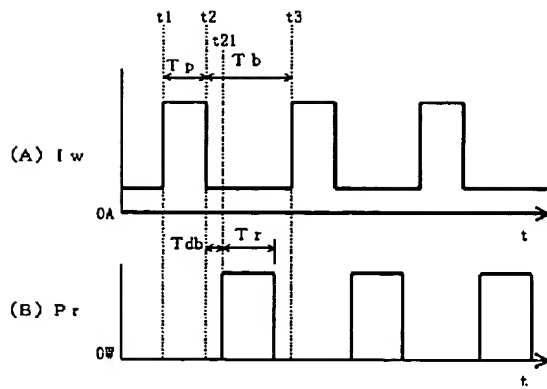
【図15】



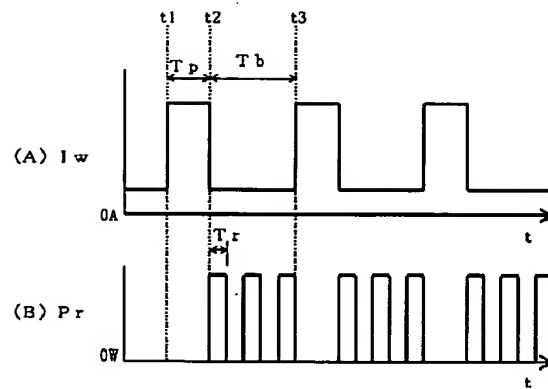
【図16】



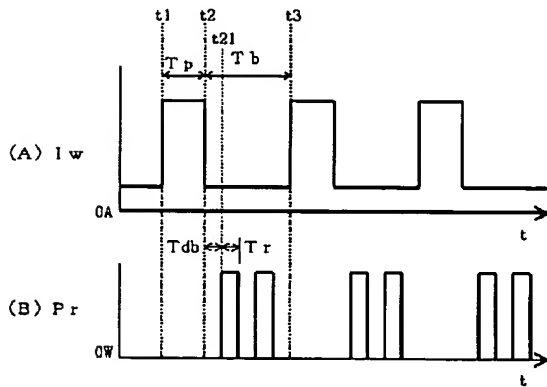
【図17】



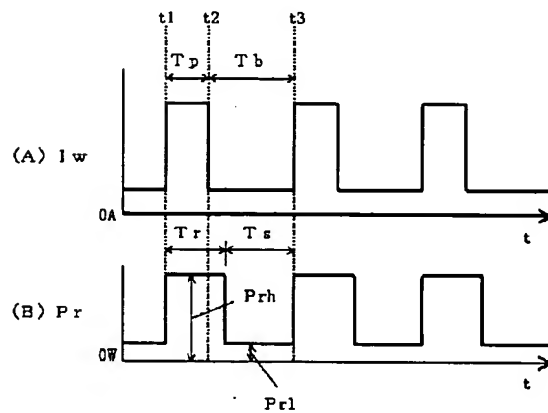
【図18】



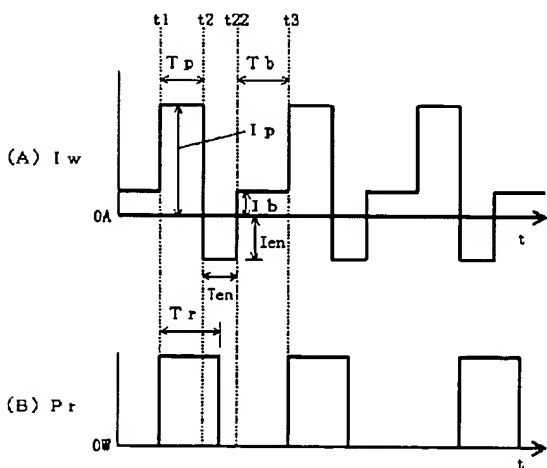
【図19】



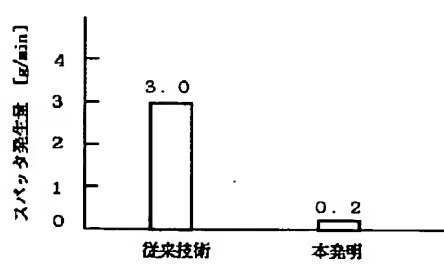
【図20】



【図21】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 中田 一博
大阪府大阪市阿倍野区昭和町 1 丁目13番22
号

F ターム(参考) 4E001 AA03 BB08 DE04
4E068 BC01 CA02 CA03